云 南 植 物 研 究 1991; 13(2): 161—166
Acta Botanica Yunnanica
ISSN 0253-2700
CN 53-1039

云南松林的净第一性生产量研究

党承林　　吴兆录

（云南大学生态学与地植物学研究所，昆明650031）

摘要 本文研究了云南省易门县海拔1600—1700 m的云南松中幼龄林分的净第一性生产量。3个林分的净生产量总量依次为：11年生林分是1201.0g/(m^2·a)，23年生林分是1060.3 g/(m^2·a)，4年生林分是530.4g/(m^2·a)。各林分乔木层器官净生产量的分配比例均以针叶为最高，其次是干材。针叶净生产量的比例随林龄的增加而下降，干材、树枝和根的比例则随林龄的增加而上升。

关键词 云南松；净第一性生产量

STUDIES ON THE NET PRIMARY PRODUCTION OF PINUS YUNNANENSIS FOREST

DAN Cheng-Lin, WU Zhao-Lu

(*Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University*, Kunming 650031)

Abstract The net primary production of middle-young stands of *Pinus Pyunnanensis* is not increases with increasing stand age as their biomass. The total amount of the net primary production in the 4-year-old stand is 530.4g/(m^2·a), the 11-year-old stand 1201.0g/(m^2·a), the 23-year-old stand 1060.3 g/(m^2·a).

The percentages of the net production of tree layers in various layers of three stands are the greatest, herb layer second, shrub layer the smallest.

The percentage of the net production of tree layer in the 11-year-old stand is the greatest, 23-year-old stand second, 4-year-old stand the smallest; The percentages of the net production of shrub and herb layers in the 4-year-old stand are the greatest, 23-year-old stand second, 11-year-old stand the smallest.

The net production of needle is the greatest in all organs of tree layers in three stands, stem wood second. The percentage of the net production of needle decreases rapidly with increasing stand age, stem wood, branch and root increases constantly with.

Key words *Pinus yunnanensis*, Net primary production

1989年10月收稿，1990年1月定稿。

前文[1]所述的云南松中幼龄林分的生物量仅只反映了单位面积上现存的植物干物质的的数量，而云南松林在不同年龄阶段的干物质积累速率是不同的，为此，还应研究其净第一性生产量，即单位时间内植物新增加的物质量、新生物质的凋落量（或枯死量）和新生物质被采食量[2－5]。

一、净第一性生产量的测定

1.乔木层

乔木层净第一性生产量等于各个器官的净生产量之和，即包括树干、树枝、针叶、花、芽鳞、球果和根等器官的净生产量。由于云南松新生物质在当年内极少凋落或枯死，且在较短时间内不易测定；此外，在调查区内的云南松林中未发现明显的草食动物活动，故本研究对新生物质的凋落量和被采食量均不予测定。

（1）树干　树干的净生产量等于干材的年增量加上树皮的年增量，及其凋落量和被采食量。

为了求得干材和树皮的生长量，首先分别测定基径圆盘、胸径圆盘和端部圆盘从髓心到最近五年生树皮外缘和内缘，最近五年生干材的半径和五年前干材的半径，从而获得树皮和干材的直径增量。然后用直径的平方比（即圆盘断面积的增量比）乘以树干的实测干重，就可求得树皮或干材的干重增量。计算公式如下：

$$\Delta W=\frac{W_1\ (D_2^2+D_4^2-D_1^2-D_3^2)}{D_2^2+D_4^2}+\frac{W_2\ (D_4^2+D_6^2-D_3^2-D_5^2)}{D_4^2+D_6^2}$$

式中，ΔW为最近五年生树皮或干材的干重增量；W_1和W_2分别树干下段（胸径以下）和树干上段（胸径以上）的实测干重；D_1、D_3和D_5分别为基径圆盘、胸径圆盘和端部圆盘从髓心到最近五年生树皮或干材的内缘直径；D_2、D_4和D_6分别为基径圆盘、胸径圆盘和端部圆盘从髓心到最近五年生树皮或干材的外缘直径。

11年生幼龄林比较低矮，树干不分段，只需测定树干基径圆盘和端部圆盘最近二年生的树皮和干材的直径增量。计算公式如下：

$$\Delta W=Ws\cdot\frac{(D_2^2+D_6^2-D_1^2-D_5^2)}{D_2^2+D_6^2}$$

式中，Ws为树干实测干重，其余符号含义同上。

4年生幼龄林样木的年龄小，树皮的脱落量甚少，可用实测样木树皮和干材的干重分别除以样木的年龄，求出年平均生长量。

由上面计算得到的树皮和干材最近五年或二年生的生长量，分别除以五年或二年就可获得样木树皮和干材的年平均生长量。如前所述，草食动物的采食量和凋落量已忽略不计，因此样木树干的净生产量等于树皮和干材的年平均生长量之和。

（2）树枝　树枝的净生产量包括当年生枝的新枝量和老枝加粗的生长量，以及凋落量。

云南松树干每年生长一个节间，树枝亦每年抽一轮台，故树枝的年龄可用其轮台数计之。首先测定样木各轮台的新枝量。调查区内云南松枝条的基径绝大多数在4厘米以

下，老枝的加粗用每一轮台的干重被年龄（轮台数）相除求得。然后将各轮台的新枝量加上老枝的加粗量（年平均生长量），即获得样木的树枝生长量。由于树枝的枯死量在短期内难以精确测定，故本文以树枝年生长量代替其净生产量。

（3）针叶　针叶的净生产量包括当年生的叶量、凋落量、草食动物的采食量，以及老叶新增加的干物质量。

云南松的针叶寿命为1.6—2年，当年叶和老叶很容易区分。当年叶一般不枯落，虫的采食量甚微，故凋落量和虫食量均忽略不计。针叶的生长量除当年叶量外，还应加上二年生叶新增加的干物质量。据测定，老叶与新叶的重量比是：4年生林分1.1688，11年生林分1.0605，23年生林分1.0831，利用这些比值分别求出各林分样木老叶的当年增量。因此，样木针叶的净生产量等于当年生叶量加上二年生老叶新增加的干物质量。

针叶的叶面积指数（LAI）按文献[6]测定和计算。

（4）根　根（包括根颈和根系）的净生产量与树干或树枝的净生产量类似，其生长量即为根的净生产量。

根的净生产量采用器官比值法计算，即假定它与树枝有相同的生长量速率，计算公式如下：

$$\Delta W_R = W_R \cdot \frac{\Delta W_{Br}}{W_{Br}}$$

式中，ΔW_R和ΔW_{Br}分别为根和树枝的生长量，W_R和W_{Br}分别为根和树枝的实测干重。

2.灌木层

灌木层的净生产量以各灌木种类的生物量被其年龄除而得（凋落物未计入）。将10个2 m×2 m样方内各种类的净生产量之和换算成每年单位面积（m^2）上的干重，即为灌木层的净生产量。

3.草本层

以草本层的生物量（含枯叶）被草本植物的年龄除而得净生产量。草本植物虽多数是多年生禾草，但年末时绝大部分植株已停止生长或枯黄，故全部种类均以一年计算。然后将10个1 m×1 m小样方的净生产量换算成每年单位面积（m^2）上的干重，即为草本层的净生产量。

二、云南松林的净第一性生产量及其分布规律

1.林分的净第一性生产量的层次分布

云南松中幼龄各林分的净第一性生产量的总量及其在各层次中的分配比例如表1所示。

由表1可以看出，净第一性生产量总量最大的是11年生林分，23年生林分次之，4年生林分最小。显然，生物量大的林分，其净第一性生产量并不一定最高。在一定年龄阶段，净第一性生产量随总生物量的增加反而下降。例如23年生林分的总生物量是11年生林分的2.5倍，但它的净第一性生产量总量仅为后者0.77倍。

从净第一性生产量的层次分布来看，各林分均以乔木层的分配比例最大，草本层次

之，灌木层最低。就净第一性生产量在同一层次中的分布而言，乔木层的比例以11年生林分为最大，23年生林分次之，4年生林分最小；灌木层和草本层的比例均以4年生林分最大，23年生林分次之，11年生林分最小。

表1 3个林分的净第一性生产量总量（克/平方米·年）

Table 1 The total amount of the net primary production in three stands of *Pinus yunnanensis* forest g/(m^2·a)

林龄（年）	乔木层 Tree layer		灌木层 Shrub layer		草本层 Herb layer		总计 Total	
Stand age(a)	NP*	%	NP	%	NP	%	NP	%
4	226.2	42.7	44.8	8.4	259.4	48.9	530.4	100
11	1072.9	89.3	10.6	0.9	117.5	9.7	1201.0	100
23	845	79.8	11.3	1.0	203.2	19.1	1060.3	100

*NP：净生产量Net Production.

2.乔木层器官的净生产量及其分布

（1）乔木层器官年生长量的优化回归模型由表2可以看出，不同林龄的云南松林乔木层器官的生长量模型类型比较复杂，不如生物量模型集中。4年生林分的模型就有幂函数、双曲线和指数等三种类型；11年生林分亦有三种：直线、双曲线和幂函数；23年生林分为幂函数和双曲线。总的说来，以幂函数和双曲线为主。

（2）乔木层器官的净生产量及其分布 用表2中的优化模型分别推算出各样地所有立木的器官生长量，将其生长量之和折算成g/(m^2·a)，即为乔木层的生长量。由于调查区内云南松新生物质的凋落量（或枯死量）和草食动物采食量未予测定，故用乔木层的生长量代替其净生产量。乔木层的净生产量如表3所示。

乔木层各器官的净生产量以11年生为最高，23年生林分次之，4年生林分最低（表3）。就乔木层各器官的净生产量分配比例而言，4年生林分为：针叶＞干材＞树皮＞根＞树枝；11年生林分为：针叶＞干材＞根＞树枝＞树皮＞球果；23年生林分为：针叶＞干材＞根＞树枝＞树皮。显而易见，在不同林龄的林分中，乔木层净生产量在各器官中的分配比例与其生物量不一样，均以针叶的比例为最大，其次是干材。

乔木层净生产量在器官中的分配比例随林龄而变化的规律是：

干材的分配比例随林龄的增加而增加。4年生林分的干材比例占1/10以下，11年生林分占1/5，23年生林分占1/5以上。

树皮的分配比例随林龄的增加亦呈上升趋势，但与干材相比，树皮比例的增加明显地低于干材。或者说，在不同林龄的林分中，净生产量在树皮和干材中的分配比例不一定相同，随着林龄的增加，树皮与干材之比越来越小。例如4年生林分的树皮比例几乎与干材相等，11年生林分的树皮比例为干材的2/3，而23年生林分仅为干材的1/2以下。

针叶的分配比例随林龄的增加而下降。4年生林分的针叶比例占2/3以上，而11年生林分和23年生林分比之减少了近一半。

根和树枝的分配比例随林龄的增加而增加。4年生林分的根和树枝分别占6％左右，11年生林分别占15％以下，23年生林分分别占15％。

表 2　3 个林分乔木层的样木器官净生长量的优化回归模型

Table 2　Optimum regression model of different organic growth in the sample tree of tree layers in three stands of *Pinus yunnanensis* forest.

林龄 Stand age	器官 Organ	回归方程式 Regression eguation	相关系数 Correlation coefficient	剩余标准差 Surplus of standard deviation
4 年	干材 Stem wood	$W_S=0.021H^{1.738}$	0.9743*	0.2868
	树皮 Stem bark	$W_B=0.0705H^{1.45}$	0.9860*	0.1752
	树枝 Branch	$W_{Br}=\frac{H}{-0.2543H+36.737}$	0.9447*	0.1623
	针叶 Needle	$W_L=\frac{H}{0.0033H+1.3338}$	0.9403*	0.2706
	根 Root	$W_R=0.4749e^{0.7556H}$	0.8922*	0.4116
11 年	干材 Stem wood	$W_S=0.1745+0.053(D^2H)$	0.9698*	0.2288
	树皮 Stem bark	$W_B=0.1711+0.0014(D^2H)$	0.9829*	0.0464
	树枝 Branch	$W_{Br}=\frac{D^2H}{0.9193(D^2H)+201.4924}$	0.9880*	1.0205
	针叶 Needle	$W_L=-0.0238+0.007(D^2H)$	0.9951*	0.1222
	根 Root	$W_R=0.039(D^2H)^{0.9352}$	0.9550*	0.3397
23 年	干材 Stem wood	$W_S=\frac{D^2H}{0.1092(D^2H)+713.8992}$	0.9964*	0.9606
	树皮 Stem bark	$W_B=\frac{D^2H}{0.7837(D^2H)+489.1817}$	0.9865*	1.2928
	树枝 Branch	$W_{Br}=0.0041(D^2H)^{0.7601}$	0.9015*	0.7140
	针叶 Needle	$W_L=0.0034(D^2H)^{0.8957}$	0.9544*	0.5478
	根 Root	$W_R=0.0035(D^2H)^{0.781}$	0.9558*	0.4700

*$P<0.001$

在各林分中，球果净生产量的分配比例无一定规律。11年生林分虽有较多植株结球果，但球果净生产量的比例是所有器官中最小的一个；23年生林分只有个别植株偶尔结几个球果，其净生产量比例更是微乎其微。

另外，乔木层的净生产量与叶面积指数（LAI）的关系十分密切（表3）。在各林分中，乔木层叶面积指数以11年生林分为最大（5.89 m^2/m^2），其净生产量亦最大；4 年

表3 3个林分乔木层器官的净生产量（克/平方米·年）

Table 3 The amount of the different organic net production of tree layers in three stands of *Pinus yunnanensis* forest g/(m^2·a).

林龄（年） stand age(a)	干材 Stem wood NP*	%	树皮 Stem bark NP	%	树枝 Branch NP	%	针叶 Needle NP	%	球果 Cone NP	%	根 Root NP	%	总计 Total NP	%	叶面积指数 Leaf area index (m^2/m^2)
4	21.8	9.6	20.7	9.2	13.3	5.9	155.2	68.6	0	0.0	152.0	6.7	226.2	100	1.97
11	256.2	20.4	155.4	12.4	169.3	13.5	458.2	36.5	33.8	2.8	181.6	14.5	1072.9	100	5.89
23	194.5	23.0	93.5	11.1	127.2	15.0	303.3	35.9	0	0.0	127.3	15.1	845.8	100	3.66

*NP：净生产量Net Production.

生林分的叶面积指数最小(1.97 m^2/m^2)，其净生产量最小；23年生林分的叶面积指数居中(3.66 m^2/m^2)，其净生产量属于中等。因此，叶面积指数与乔木层净生产量是对应的，可以把它作为衡量乔木层净生产量的一个重要指标。

三、结　语

1. 3个林分的净第一性生产量总量依次为：11年生林分是1201.0 g/(m^2·a)，23年生林分是1060.3 g/(m^2·a)，4年生林分是530.4 g/(m^2·a)。由于未测定凋落量和草食动物采食量，因此这些林分的净生产量数值估算比真实值偏低一些。

各林分净第一性生产量的层次分布比例均以乔木层的比例最大，草本层次之，灌木层最小。

在同一层次中，乔木层的比例以11年生林分为最大，23年生林分次之，4年生林分最小；灌木层和草本层的比例则以4年生林分最大，23年生林分次之，11年生林分最小。

2. 各林分乔木层器官的净生产量以11年生林分最高，23年生林分次之，4年生林分最低。

各林分乔木层净生产量在器官中的分配比例均以针叶最高，约占1／3至2／3，其次是干材。随着林龄的增加，同化器官（针叶）的分配比例下降较快，非同化器官（干材、树枝和根）的比例不断上升。

致谢 本文完稿后，承云南大学教授姜汉侨先生审阅修改；在野外工作中，得到易门县林业局张智勇等领导的大力支持和协助，法兆燕、杨翠莲和普兆喜工程师参加野外调查。

参 考 文 献

1 党承林，吴兆录．云南植物研究 1991；13（1）：59—64

2 佐藤大七郎，堤 利夫（聂绍荃等译）．陆地植物群落的物质生产．北京：科学出版社，1986．

3 木村允．陆地植物群落的生产量测定方法．北京：科学出版社，1981．

4 里思H，惠特克RH（王业蘧等译）．生物圈的第一性生产力．北京：科学出版社，1985．

5 Statoo T. Forest biomass. Hague/Boston/London: Nijhoff/Dr W. Tunk publishers, 1982.

6 林鹏荣，江洪，刘跃建．植物生态学与地植物学丛刊 1984；8：321—328